



10/018049

URAD REPUBLIKE SLOVENIJE ZA INTELEKTUALNO LASTNINO

REC'D 28 JUL 2000

WIPO

PCT

*P o t r d i l o**C e r t i f i c a t e*

Urad Republike Slovenije za intelektualno lastnino potrjuje, da je priloženi dokument istoveten z izvirnikom prijave patenta, kot sledi:

*Slovenian Intellectual Property Office hereby certifies that the document annexed hereto is a true copy of the patent application, as follows:*

(71) Prijavitelj (*Applicant*):

Inštitut "Jožef Stefan", Jamova 39, 1000 Ljubljana, Slovenija

(22) Datum prijave (*Application Date*):

15.6.1999 (15.jun.1999)

(54) Naziv (*Title*):

Postopek izdelave kompenzacijske polimerne plasti za LCD optične preklopnike in konstrukcija takega preklopnika

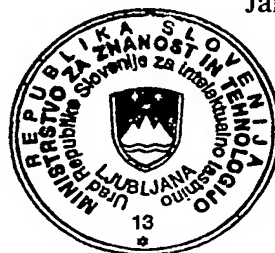
(21) Številka prijave (*Application No.*):

P-9900164

Ljubljana, 28.6.2000

Svetovalac direktorja

Janez Milač, univ.dipl.inž.str.



**PRIORITY DOCUMENT**  
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH  
RULE 17.1(a) OR (b)

## ***POSTOPEK IZDELAVE KOMPENZACIJSKE POLIMERNE PLASTI ZA LCD OPTIČNE PREKLOPNIKE IN KONSTRUKCIJA TAKEGA PREKLOPNIKA***

Predmet izuma je postopek izdelave kompenzacijske plasti z negativno dvolomnostjo, zasnovan na nadzorovani spontani deformaciji polimernih makromolekul med postopkom polimerizacije, ter konstrukcija optičnega svetlobnega preklopnika, ki tako kompenzacijsko plast uporablja.

Tehnično področje, kamor se uvršča predloženi izum, je kompenzacija kotne odvisnosti intenzitete prepuščene svetlobe pri optičnih napravah s tekočekristalnimi svetlobnimi preklopniki. V nadaljevanju bo za tekoče kristale uporabljana oznaka LC (Liquid Crystal).

Tehnični problem, ki ga rešuje predlagani izum, je povečanje vidnega kota oz. kompenzacija kotne odvisnosti intenzitete prepuščene svetlobe pri tekočekristalnih preklopnih elementih bodisi kot samostojnih elementih, to je LCD prikazalniki, bodisi kot sestavnih delih optičnih naprav s tekočekristalnimi filtri. Točneje gre za kompenzacijo LC optičnih svetlobnih preklopnikov, ki delujejo na principu električno kontrolirane dvolomnosti in se uporabljajo za modulacijo intenzitete vpadajoče svetlobe v zaščitnih napravah, kot so LCD zaščitni filtri v varilskič čeladah, optičnih sistemih laserskih varilnih naprav, itd. Predlagani izum omogoča kotno kompenzacijo takega preklopnika v tipično zaprtem stanju, v katerem so tekočekristalne molekule homeotropno urejene. Izum rešuje tako postopek izdelave kompenzacijske plasti z negativno dvolomnostjo, ki ima optično os orientirano pravokotno na površino optičnega svetlobnega preklopnika, to je vzporedno s homeotropno orientiranimi molekulami, kot tudi konstrukcijo in postopek izdelave LC elektrooptičnega preklopnega elementa, ki uporablja tak kompenzacijski film.

Osnovni principi in naravne zakonitosti, na katerih je zasnovan zgoraj omenjeni postopek kotne kompenzacije LC optičnih svetlobnih preklopnikov, ki je predmet izuma, so dobro poznani in opisani v vrsti patentov, kot so Clerc et al. US 4,001,028, Yamamoto et al. US 4,984,874, Bos US 5,187,603 in podobnih. Prav tako je bila do sedaj razvita vrsta uspešnih tehničnih rešitev za izdelavo kompenzacijskih plasti za LCD optične preklopnike.

Prvo uspešno rešitev (#1) zgoraj omenjenega tehničnega problema je leta 1989 pokazal Uchida

z univerze Tohoku (Uchida et al. SID 89 Digest, p378-381) in nato leta 1991 Clerc iz firme Stanley (SID Digest 91 p758-761; US 4,889,412; US 5,298,199). Obe rešitvi sta osnovani na dvodimenzionalni mehanski deformaciji oz. raztezanju nekaterih termoplastičnih polimernih materialov med termičnim cikliranjem skozi steklasti fazni prehod. Nekaj let kasneje so funkcionalno podoben rezultat dosegli Eblen in sodelavci iz firme Rockwell (SID94 Digest p245-248; US 5,196,953) z uporabo večplastnih tankoplastnih oksidnih filtrov z negativnimi dvolomnimi lastnostmi.

Nov tehnološko zelo zanimiv pristop (#2) sta razvila Harris in Cheng na univerzi Akron, ZDA ter nekoliko kasneje Shin-Tson-Wu iz firme Hughes, ZDA (J.Appl. Phys. 76, 10, 1994; SID Digest 94, p 923-926; US 5,344,916; US 5,580,950; US 5,480,964). Pokazali so, da se pri centrifugalnem nanosu tanke plasti preimidiziranih polimidov dolgi molekularni segmenti prednostno orientirajo v ravnini nanese plasti, s čimer pride do močnih negativnih dvolomnih lastnosti takih plasti, ki predstavljajo ceneno in tehnološko sorazmerno enostavno rešitev zgoraj opisanega tehničnega problema.

Vsekakor je treba omeniti tudi vrsto tehničnih rešitev, razvitih za računalniške terminale (#3) s strani firm, kot so Nito Denko (Fujimura et al. SID Digest 91, p 739, SID Digest 92, p397-400; US 5,245,456,...), Sumitomo (Nakamura et al. US 5,061,042,...) ter (#4) Fuji Film (Mori et al., US 5,559,618; Mori et al. Display and Imaging 5, p1 (96); Kamada et al. US 5,646,703; Mori et al. US 5,583,679) in Akzo Nobel (Picken et al. US 5,382,648, US 5,525,265,...). Pri tem sta firmi Nitto in Sumitomo (#3) razvili večplastni kompenzacijski film na osnovi enodimenzionalne deformacije oz. raztezanja, firma Fuji (#4) polimerni diskotični tekočerkristalni kompenzacijski film, ki mu je mogoče spreminjati optične kompenzacijske lastnosti glede na vidni/opazovalni kot računalniškega monitorja, firma Akzo Nobel (#4) pa polimerne holesterinske tekočerkristalne kompenzacijske filme na različnih polimernih osnovah, ki so idealno prilagojeni za kotno kompenzacijo STN računalniških monitorjev. Vse zgoraj omenjene rešitve so v prvi vrsti namenjene kotni kompenzaciji kontrasta pri multipleksno krmiljenih LC monitorjih, pri katerih ni mogoče v celoti zagotoviti homeotropne orientacije LC molekul v krmiljenem segmentu. Zato te rešitve niti tehnično zlasti pa ne cenovno niso primerne za rešitev zgoraj omenjenega tehničnega problema kotne kompenzacije LC optičnih svetlobnih preklopnikov, ki delujejo na principu električno kontrolirane dvolomnosti, v stanju, v katerem so LC molekule povsem homeotropno

urejene.

Zanimive so tudi tehnične rešitve zgoraj predstavljenega tehničnega problema kotne kompenzacije LC optičnih svetlobnih preklopnikov, ki delujejo na principu električno kontrolirane dvolomnosti in ki so osnovane na uporabi več tekočerkristalnih celic (#5). Tehnične rešitve osnovane na komplementarni orientaciji dveh standardnih TN celic (twist nematic - zasuk LC strukture je enak  $90^\circ$ ), ki sta prirejeni tako, da se njuni kotni odvisnosti kompenzirata, uporablja v svoji proizvodnji večina proizvajalcev (Optrel, Xelux, Jackson,...). Vsekakor je pomembna tudi tehnična rešitev firme ESAB (Hornell, US 4,240,709), ki uporablja dve TN celici, od katerih ena deluje v pasivnem (bistveno manjša kotna odvisnost kontrasta), druga pa v aktivnem režimu, pri čemer uporablja "pasivna" TN celica kot zasuka LC strukture od  $60^\circ$  -  $90^\circ$ . V svojem patentu firma Speedglass (Hornell et al., EP 706,674, WO 9,529,428, US 5,825,441) ščiti uporabo dveh komplementarnih TN celic, ki uporabljata zasuk LC strukture manjši od  $90^\circ$ , v patentnih prijavah (Hornell et al., EP 805,661, WO 9,715,254) in (Hornell et al., EP 858,305, WO 9,715,255) pa ista firma osnovno idejo uporabe dveh komplementarnih TN celic, ki uporabljata zasuk LC strukture manjši od  $90^\circ$ , nadgrajuje z uporabo nizkofrekvenčnega krmiljenja LCD preklopnikov ter dodatne retardacijske plasti. Z uporabo več LC celic rešuje problem kotne kompenzacije tudi US 5,515,186 (Fergasson et al.). Vsekakor je takšen način kompenzacije kotne odvisnosti sorazmerno drag, saj vsaka dodatna LC celica pomembno podraži izdelavo svetlobnih preklopnikov.

Ob tem se je treba tudi zavedati, da se problem kotne kompenzacije plasti homeotropno orientiranih LC molekul neposredno navezuje tudi na problem kotne odvisnosti samih prekržanih polarizatorjev, ki so sestavni del vsakega LC elektrooptičnega preklopnega elementa, ki deluje na principu električno kontrolirane optične dvolomnosti. Vrsta avtorjev je v zadnjih letih predstavila osnovne principe reševanja tega problema. Predlagane rešitve so osnovane na uporabi najmanj dveh dodatnih dvolomnih plasti, vgrajenih med LC celico ter vstopnim in izstopnim polarizatorjem. Tako je K. Ohmuro s sodelavci iz firme Fujitsu, Japonska, pokazal (SID'97,1,p845), da je problem mogoče precej uspešno rešiti z uporabo treh dvolomnih plasti, od katerih sta dve negativno dvolomni in imata hitro optično os usmerjeno pravokotno na plast tekočega kristala (vzporedno s homeotropno orientiranimi LC molekulami!), ena pa je pozitivno dvolomna in ima optično os usmerjeno vzporedno s tekočerkristalno plastjo (pravokotno na homeotropno orientirane LC molekule!). Večina ostalih avtorjev, kot so H.Mori, P.Bos (IDRC'97, p.M-88), J.Chen s sodelavci

iz firme Samsung, Koreja (SID98 Digest, p.315), ima svoje tehnične rešitve osnovane na uporabi efektivno dveh dodatnih negativno-dvolomnih plasti, od katerih ena, katere hitra os je vzporedna s polarizacijsko osjo analizatorja, povzroči relativni fazni zamik med rednim in izrednim žarkom za  $1/4$  valovne dolžine svetlobe in se imenuje  $\lambda/4$  ploščica. Kombinacija takšne in tako orientirane  $\lambda/4$  ploščice z ustrezno debelo dodatno dvolomno ploščico z istim predznakom optične dvolomnosti in optično osjo, orientirano v smeri pravokotno na plast tekočega kristala, to je vzporedno s homeotropno orientiranimi LC molekulami, pomembno izboljša kotno odvisnost atenuacije prekrižanih polarizatorjev.

Predlagana tehnična rešitev se od dosedaj najboljših že uporabljanih rešitev:

- Skupina rešitev #1: Uchida, Stanley, ..
- Skupina rešitev #2: Harris in Cheng, Hughes, ..
- Skupina rešitev #3: NITO Denko, Sumitomo Chemicals, ..

ki jim je na nek način podobna v smislu deformacije sicer izotropnih polimernih molekul, se pomembno razlikuje v načinu, ki ga uporablja za doseganje ustrezne deformacije polimernih molekul.

Uchida, Stanley (#1) ter NITO in Sumitomo Chemicals (#3) uporabljajo princip dvo- ali enodimenzionalnega raztezanja že formirane, to je polimerizirane termoplastne polimerne folije, medtem ko Harris in Cheng ter Hughes (#2) uporabljajo postopek urejanja dolgih segmentov molekul s posebnim postopkom nanosa raztopine predpolimeriziranega polimera, na primer nanos preimidiziranega poliimida na vrteči se plošči.

Postopek po izumu je osnovan na izkoriščanju volumnske kontrakcije polimera med samim postopkom polimerizacije tako, da je plast monomera med polimerizacijo v stiku vsaj z eno togo površino ali prednostno ujeta med dve plasti termično in mehansko stabilnih, togih materialov, na primer stekla. Na ta način se v materialu pojavijo napetosti v ravnini, ki jo določajo toge mejne površine in ki povzročijo ustrezno deformacijo sicer izotropnih makromolekul. Ker do take deformacije makromolekul pride med postopkom polimerizacije, navzkrižna polimerizacija trajno zamrzne deformirano obliko molekul, kar je nadvse pomembno za dolgočasovno in termično stabilnost tako izdelanih dvolomnih filmov. Terminus "zamrzne" je uporabljen v smislu "otrdi" oziroma "otrpne". Prav ta, z navzkrižno polimerizacijo zamrznjena deformiranost makromolekul,

daje predlaganemu postopku pomembne prednosti pred do sedaj znanimi postopki raztezanja že formiranih, to je polimeriziranih polimernih folij. Le-ta je po dosedaj znanih postopkih dosežena, bodisi z neposrednim več ali manj enodimenzionalnim mehanskim raztezanjem, kot ga uporablja zgoraj omenjena skupina #3 tehničnih rešitev (Nitto, Sumitomo, ...), bodisi s homogenim dvodimenzionalnim raztezanjem termoplastne polimerne folije v okolici steklastega faznega prehoda uporabljenega polimera kot je značilno za skupino #1 zgoraj naštetih znanih tehničnih rešitev - Uchida, Stanley, ... Postopek ne zahteva tehnično zelo zahtevne opreme za kontrolirano mehansko raztezanje. Omogoča po eni strani masovno proizvodnjo, po drugi pa ga je mogoče prilagoditi tako, da predstavlja tako dobljena plast polimera z negativno dvolomnostjo istočasno tudi povezovalno vlogo, to je lepljenje in optični stik med LCD celico in polarizacijskim filtrom.

V primerjavi s tehničnimi rešitvami #2 predlagani postopek omogoča bistveno manjšo deformacijo molekul, zaradi česar so potrebne debelejšje plasti. Vendar je proizvodni postopek cenejši, fleksibilnejši in omogoča znatno širši izbor materialov kot tudi večjo natančnost in ponovljivost. Pomembna prednost je tudi to, da je proizvodni postopek mogoče prirediti tako, da omogoča sprotno prilagajanje debeline kompenzacijske polimerne plasti posameznim LCD optičnim preklopnikom, to je prilagajanje debelini in dvolomnosti plasti tekočega kristala, izbranim polarizatorjem itd. To pri vseh treh znanih postopkih, ki zahtevajo bodisi izredno zahtevno eno ali večdimenzionalno raztezanje (tehnične rešitve #1 in #3), bodisi izredno zahteven postopek nanosa kompenzacijske plasti (tehnične rešitve #2), ni mogoče. Možna je le masovna proizvodnja kompenzacijskega filma z določeno izbrano retardacijsko vrednostjo, ki ni neobhodno optimalna za izbrano konfiguracijo LCD optičnega preklopnika. Na lastnosti izbrane konfiguracije vplivajo predvsem debelina in lomni količnik plasti tekočega kristala, izbrani polarizatorji itd.

Rešitev je povsem drugačna od skupine tehničnih rešitev #4 (Fuji, Akzo-Nobel, ...). Te rešitve so sicer tehnično kvalitetne, vendar so postopki zelo zahtevni in dragi. Gre za masovno proizvodnjo kompenzacijske plasti s točno določenimi lastnostmi, ki v principu onemogoča prilagajanja specifičnim lastnostim posameznih LCD preklopnikov. Prav tako se teh materialov ne more istočasno uporabiti za povezovanje posameznih sestavnih delov LCD preklopnika v funkcionalno celoto.

V primerjavi z znanimi tehničnimi rešitvami, ki so osnovane na uporabi več LC celic (#5),

predlagani postopek omogoča znatno cenejšo in enostavnejšo izvedbo. Uporaba vsake dodatne LC celice namreč znatno podraži izdelek, po drugi strani pa poslabša ostale pomembne optične lastnosti, kot je sipanje svetlobe,...

Naloga in cilj izuma je postopek izdelave optične kompenzacijske polimerne plasti za LCD optične preklopnike in ustrezna konstrukcija takega preklopnika. Postopek naj omogoča izdelavo optične negativno-dvolomne kompenzacijske plasti na osnovi nadzorovane, spontane deformacije polimernih makromolekul med procesom polimerizacije polimerne plasti. Deformiranost polimernih makromolekul naj nastane kot posledica volumskega krčenja polimera med procesom polimerizacije, če je plast polimera med polimerizacijo ves čas v stiku z vsaj eno togo površino, prednostno pa se nahaja med dvema togima površinama, pod pogojem, da se lahko polimerna plast neovirano krči v smeri, ki je pravokotna na njeno površino. Izraz "neovirano" pomeni dejansko neovirano ali da so mehanske napetosti v smeri pravokotno na površino znatno manjše kot v ravnini plasti. Optično dvolomna kompenzacijska polimerna plast, izdelana po postopku v smislu izuma, naj omogoča enostavno prilagajanje specifičnim lastnostim posameznih LCD optičnih preklopnikov s tem, da se prilagaja debelino same plasti oziroma pogoje polimerizacijskega procesa. Poleg kompenzacije kotne odvisnosti optičnih lastnosti (atenuacija svetlobe,...) LCD optičnega preklopnika tako izdelana optično-negativno dvolomna plast hkrati lahko služi kot optično kontaktno lepilo, ki povezuje posamezne podsestave LCD optičnega preklopnika v funkcionalno celoto.

Po izumu je naloga rešena po neodvisnih patentnih zahtevkih.

V nadaljevanju je izum kot izvedbeni primer prikazan in opisan s pomočjo slik, ki prikazujejo:

Slika 1: Shematski prikaz nedeformirane polimerne makromolekule in makromolekule deformirane po postopku, ki je predmet patenta

Slika 2: Shematska ilustracija postopka izdelave polimerne optično negativno-dvolomne plasti z uporabo mehkih distančnikov

Slika 3: Shematska ilustracija postopka izdelave polimerne optično negativno-dvolomne plasti z dvostopenjsko polimerizacijo polimerne kompenzacijske plasti in s trdimi distančniki, ki se jih pred drugo stopnjo polimerizacije odstrani

Slika 4: Shematski prikaz konstrukcije kotno kompenziranega LC optičnega preklopnika, ki omogoča kotno kompenzacijo dvolomnosti LC plasti :

- a - primer mehansko stabilnih polarizatorjev
- b - z dodatno stekleno ploščo, ki ščiti mehansko občutljive polarizatorje

Slika 5: Shematski prikaz konstrukcije kotno kompenziranega LC optičnega preklopnika, ki omogoča kotno kompenzacijo dvolomnosti LC plasti in prekrižanih polarizatorjev.

Predlagana rešitev v smislu izuma je osnovana na spontani deformaciji molekul nekaterih polimernih materialov, na primer poliuretanov, polikarbonatov, različnih polimernih materialov za plastične leče kot so na primer allyl-diglycol-carbonate (ADC), materialov za laminacijo polarizacijskih filmov kot so cellulose-aceto-butyrate (CAB) oziroma materialov, cellulose-triacetate (TAC), itd., do katere pride zaradi volumskega krčenja materiala med termično ali UV aktivirano polimerizacijo pod pogojem, da je plast monomera med polimerizacijo v neposrednem stiku vsaj z eno togo površino ali ujeta med dve plasti togih, termično in mehansko stabilnih materialov, na primer stekla.

Za tako tehnično rešitev so primerni predvsem monomerni in predpolimerni materiali, ki imajo zaradi svoje kemijske strukture tendenco, da že polimerizirani med linearnim raztezanjem postanejo pozitivno optično dvolomni z glavno osjo tenzorja lomnega količnika, to je optično osjo orientirano v smeri mehanske deformacije, to je raztezanja.

Med polimerizacijo se polimerna masa prilepi na togo mejno površino. Ob spontanem volumskem krčenju polimera med polimerizacijo tako pride do mehanskih napetosti v materialu. Če je pri tem omogočeno prosto krčenje materiala v smeri pravokotno na polimerno plast (po debelini), to je osi z, preostanejo le napetosti v ravnini polimerne plasti, to so osi x,y, v smeri osi z pa so mehanske napetosti znatno manjše. Te napetosti povzročijo, da so sicer izotropne molekule polimera deformirane tako, da so sploščene v smeri osi z oz. enakomerno raztegnjene v vseh smereh v ravnini x,y polimerne plasti, kot to prikazuje Sl. 1. Pri uporabi materialov z zgoraj omenjenimi pozitivnimi razteznimi lastnostmi tako nastane plast z negativno optično dvolomnostjo.

Efekt deformacije makromolekul med postopkom polimerizacije je mogoče dodatno povečati



tako, da se proces polimerizacije sproži pri povišani temperaturi. S tem tudi razlike v termičnem raztezanju polimera in mejnih togih površin dodatno prispevajo k deformaciji makromolekul.

Z izbiro ustreznih parametrov tehnološkega postopka, predvsem debeline plasti, kemijske sestave mejnih površin, časovnega profila hitrosti polimerizacije, temperature itd., dobi tako pripravljena polimerna plast željene negativne dvolomne optične lastnosti. Te optične lastnosti omogočajo kotno kompenzacijo intenzitete prepuščene svetlobe za homeotropno urejene plasti LC molekul v LC optičnem preklopniku, ki ima v splošnem pozitivno optično dvolomnost. S primerno izbiro debeline kompenzacijske polimerne plasti je mogoče kompenzirati kotno odvisnost kontrasta/atenuacije LC preklopnika tako, da je optična debelina kompenzacijske plasti, to je produkt dvolomnosti ( $\Delta n$ ) in debeline plasti ( $d$ )  $\Rightarrow (\Delta n_{\text{polimer}} \times d_{\text{polimer}})$  enaka optični debelini tekočerkristalne plasti, to je produkta dvolomnosti in debeline plasti  $\Delta n_{\text{LC}} \times d_{\text{LC}}$ .

Glede na to, da je krčenje med polimerizacijskim postopkom 3-dimenzionalno, je treba celoten postopek izpeljati tako, da se pojavijo napetosti le v x, y ravnini polimerne kompenzacijske plasti, medtem ko morajo biti v smeri z (po debelini), ki je pravokotna na plast, napetosti minimalne. Napetostim v smeri osi z se izognemo tako, da omogočimo prosto spreminjanje debeline kompenzacijske plasti, torej premikanje vsaj ene od mejnih plasti v smeri osi z med postopkom polimerizacije.

To je mogoče doseči na več načinov, ki temeljijo na naslednjih treh osnovnih idejah:

- Z uporabo mehkih distančnikov, ki se pod obremenitvijo lahko deformirajo, med mejnima površinama polimerne kompenzacijske plasti, s katerimi določimo debelino plasti predpolimera pred polimerizacijo, hkrati pa se pod pritiskom sil, ki nastanejo pri krčenju materiala med polimerizacijo z lahkoto deformirajo in tako omogočijo prosto krčenje v smeri osi z.
- S postopno oz. polimerizacijo v več, prednostno v dveh stopnjah, kjer je debelina plasti med dvema togima mejnima površinama polimerne mase / monomera oz. predpolimera v začetku določena s trdimi distančniki, polimerizacija pa se najprej izvede le do stopnje, ko viskoznost naraste do take mere, da zaradi nje in površinske napetosti iztekanje polimerne mase ni več možno. Trdi distančniki, ki zagotavljajo ustrezno debelino polimerne plasti, se nato odstranijo in postopek polimerizacije se izpelje do konca tako, da se plast polimera v smeri z, ki je pravokotna na plast, lahko neovirano krči.

- Z nalivanjem ustrezne, kontrolirano debele plasti predpolimera na togo nosilno podlogo, kar omogoča, da se polimerna plast v svoji debelini med postopkom polimerizacije lahko neovirano krči v smeri osi z. Polimerizacijski proces predpolimerne mase torej poteka ob stiku z vsaj eno togo mejno površino.

Postopki izdelave polimerne plasti z optično negativno dvolomnostjo kot tudi sama konstrukcija LC optičnega preklopnika, ki uporablja tako polimerno plast za kompenzacijo kotne odvisnosti atenuacije svetlobe, so opisani v naslednjih *izvedbenih primerih*:

#### Primer 1

##### A. Postopek izdelave polimerne plasti z optično negativno dvolomnostjo

###### a) Enostopenjska polimerizacija - mehki distančniki

Polimerno, negativno-dvolomno kompenzacijsko plast se izdelava med dvema togima površinama, prednostno steklenima ploščama kot prikazuje sl. 2. Prostor med tema mejnima ploskvama 1, 2, ki sta razmaknjeni za debelino  $d$ , se napolni z monomerno oziroma predpolimerno maso 3. Primerni so monomerni in predpolimerni materiali, ki imajo zaradi svoje kemijske strukture tendenco, da v že polimerizirani obliki med linearnim raztezanjem postanejo pozitivno optično dvolomni z glavno osjo tenzorja lomnega količnika, to je optično osjo, orientirano v smeri mehanskega raztezanja, na primer kopolimer poliuretan-epoksi z aktivatorjem za UV svetlobo, ... Razmik med ploskvama oz. debelino predpolimerne plasti določajo med ploskvi vstavljeni distančni elementi 4, tako imenovani mehki distančniki, ki so izdelani v posebnem postopku iz primerne materiala, na primer iz silikonskega gela z ustreznimi dimenzijami in s tako trdoto, da ostanejo nedeformirani pri obremenitvah zaradi teže mejne ploskve 1 in površinske napetosti v plasti nepolimeriziranega materiala.

Plast se segreje na povišano temperaturo, da se zaradi termičnih raztezkov dodatno poveča napetosti, ki povzročajo deformacijo polimernih makromolekul, na primer  $60^{\circ}\text{C}$  do  $80^{\circ}\text{C}$ . Z intenzivno, zelo homogeno UV svetlobo, ki jo daje prednostno 300 -1000 W svetlobni izvor pretežno v UVA delu spektra, se sproži proces polimerizacije plasti predpolimerne mase 3 po sliki

2., ki je zaključen v primernem času. Že med samim postopkom polimerizacije se lahko začne zniževati temperaturo polimerne plasti tako, da do končnega zamreženja, to je do navzkrižne polimerizacije lahko pride v že več ali manj ohlajenem materialu. Med polimerizacijo se zaradi volumskega krčenja polimerne plasti pojavijo napetosti v plasti. Pod pritiskom teh sil se mehki distančniki 4 deformirajo in omogočijo prosto krčenje polimera 3 v smeri pravokotno na plast, oziroma v smeri osi z, medtem ko zaradi lepljenja na togi mejni površini 1, 2 napetosti v plasti v oseh x, y ostanejo. Polimerne makromolekule dobijo tako značilno deformirano obliko, kot je prikazana na sliki 1. Navzkrižna polimerizacija trajno "zamrzne" deformirano obliko molekul, kar je nadvse pomembno za dolgotrajno in termično stabilnost tako izdelanih dvolomnih polimernih filmov.

Izraz "zamrzne" je uporabljen v smislu "otrdi" oziroma "otrpne". Po končani polimerizaciji se po potrebi lahko odstrani toge mejne ploskve, tako dobljena optično negativno- dvolomna polimerna plast pa je uporabna kot samostojen optičen negativno-dvolomen element v različnih aplikacijah. V zahtevnejših izdelkih, na primer zaščitnih varilskih filtrov, ki so večinoma večplastni laminati različnih plasti kot so reflektorji infrardeče svetlobe, polarizacijski filtri, in podobno, kot mejne plasti lahko nastopajo posamezni sestavni elementi takega optičnega sestava in zgoraj opisana polimerna plast poleg optične kotne kompenzacije homeotropno orientiranih LC molekul igra istočasno tudi vlogo povezovalne plasti in optičnega kontakta.

#### b) Dvostopenjska polimerizacija - trdi distančniki

Začetek postopka je enak kot v primeru a), le da je razmik med ploskvama 1, 2 določen s trdimi distančniki 5 po sliki 3, ki hkrati skozi odprtino 9 v zgornjem nosilcu 8 omogoča osvetlitev plasti predpolimera 3 z UV svetlobo. Polimerizacija se izvede v dveh stopnjah. Prva stopnja polimerizacije je prednostno aktivirana pri sobni temperaturi s sorazmerno šibko UV svetlobo, ki jo zagotavlja prednostno 150 W svetlobni izvor 6 v UV A spektralnem območju. Predpolimerna masa 3 se čim bolj homogeno osvetli po celotni vidni površini, osvetljevanje pa se prekine takoj oziroma po nekaj sekundah, ko viskoznost naraste do take mere, da zaradi nje in površinske napetosti iztekanje delno polimerizirane mase ni več možno.

Po končani prvi stopnji delne polimerizacije se umakne trde distančnike 5, ki zagotavljajo pravilno

debelino polimerne plasti. Enako kot v primeru a) se plast nato v drugi stopnji, ki je lahko bodisi termično ali UV aktivirana segreje na povišano temperaturo, prednostno 60 do 80°C, da se zaradi termičnih raztezkov dodatno poveča napetosti, ki povzročajo deformacijo polimernih makromolekul. Z intenzivno, zelo homogeno UV svetlobo, ki jo zagotavlja prednostno 300 - 1000 W svetlobni izvor, pretežno v UVA delu spektra, se sproži proces končne polimerizacije plasti predpolimerne mase, ki je zaključen v nekaj deset sekundah. Že med samim postopkom polimerizacije se lahko začne zniževati temperaturo polimerne plasti tako, da do končnega zamreženja, to je do navzkrižne polimerizacije, lahko pride v že več ali manj ohlajenem materialu. Navzkrižna polimerizacija trajno zamrzne deformirano obliko molekul, kar je nadvse pomembno za dolgočasovno in termično stabilnost tako izdelanih dvolomnih polimernih filmov. Povsem enako kot v primeru a) se po končani polimerizaciji po potrebi lahko odstrani toge mejne ploskve, tako dobljena optično negativno-dvolomna polimerna plast pa je uporabna kot samostojen optičen negativno-dvolomen element v različnih aplikacijah. V zahtevnejših izdelkih, na primer zaščitnih varilskih filterih, ki so večinoma večplastni laminati različnih plasti kot so reflektorji infrardeče svetlobe, polarizacijski filtri in podobno, kot mejne plasti lahko nastopajo posamezni sestavni elementi takega optičnega sestava. Tako zgoraj opisana polimerna plast poleg optične kotne kompenzacije homeotropno orientiranih LC molekul igra istočasno tudi vlogo povezovalne plasti in optičnega kontakta.

Opcijsko se predpolimerna masa v prvi stopnji osvetli le na robovih polimerne plasti, izven uporabne, to je vidne površine kasnejše optične negativno-dvolomne kompenzacijske plasti. Polimerizacija, to je osvetljevanje z UV svetlobo, se prekine takoj, ko v osvetljenem delu trdota materiala narase do take mere, da lahko polimerizirani del opravlja funkcijo mehkih distančnikov.

Postopki izdelave kompenzacijske polimerne plasti za LC optične preklopnike, ki ima optično os pravokotno na svojo površino, so v osnovi torej naslednji:

- da se monomerna ali predpolimerna masa naliže na togo mejno površino in poteka polimerizacijski proces predpolimerne mase ob stiku z vsaj eno togo mejno površino
- da se monomerna ali predpolimerna masa naliže med dve togi mejni površini, ločenimi z mehкими distančniki, ki se pod pritiskom lahko deformirajo in poteka polimerizacijski proces predpolimerne mase ob stiku z dvema togima mejnima površinama
- da se monomerna ali predpolimerna masa naliže med dve togi površini, ločenimi s trdimi

distančniki in poteka polimerizacijski proces predpolimerne mase ob stiku z dvema togima mejnima površinama najprej do stopnje, ko viskoznost mase naraste do te mere, da ne izteka, nakar se trdi distančniki odstanijo in se polimerizacijski proces izvede do konca.

Izraz "nalije" se razume v najširšem smislu, kar pomeni, da se lahko dejansko nalije na togo mejno površino ali uvede s pomočjo površinske napetosti med dve togi mejni površini ali pa se nalije na eno togo mejno površino ter se druga toga površina doda na plast po nalitju.

Polimerizacija poteka pri povišani temperaturi bodisi termično ali UV aktivirano pri temperaturi, ki je vsaj nekoliko nižja od temperature steklastega faznega prehoda polimera. V večini primerov je po potrebi mogoče doseženo optično dvolomnost polimerne plasti ustrezno, kontrolirano zmanjšati s ponovnim segrevanjem polimerne plasti v bližino steklastega faznega prehoda polimera. Polimerizacija je prednostno vsaj v začetku aktivirana z UV svetlobo. Opcijsko aktivacija polimerizacije z UV svetlobo poteka v dveh stopnjah tako, da v prvi stopnji, ko je debelina plasti določena s trdimi distančniki 5, poteče le do stopnje, ko povečana viskoznost stabilizira debelino plasti 3 do take mere, da je mogoče trde distančnike 5 odstraniti in nato v naslednji fazi UV aktivirane polimerizacije omogočiti, da polimerizacija poteka brez napetosti v smeri, ki je pravokotna na kompenzacijsko polimerno plast 3.

#### **B. Konstrukcija kotno kompenziranega LCD optičnega preklopnika**

Postopek izdelave optično negativno dvolomne plasti v smislu izuma omogoča povsem nove konstrukcijske rešitve za izdelavo kotno kompenziranih optičnih LC preklopnikov svetlobe. Takšna plast poleg osnovne funkcije kompenzacije kotne odvisnosti pozitivne optične dvolomnosti homeotropno orientirane plasti tekočega kristala lahko tudi povezuje sestavne dele v mehansko in optično enoten sklop ter zagotavlja optični stik, česar ne omogoča nobena od do sedaj znanih tehničnih rešitev.

Konstrukcija v smislu izuma je izvedena tako, da eden ali oba polarizatorja, ki skupaj z LC celico tvorita optični preklopnik, ni laminiran neposredno na LC celico, ampak na eno od zunanjih zaščitnih plasti, na primer na steklo ali IR/UV filter in se nato z uporabo optično negativno-dvolomne polimerne plasti po izumu poveže z LC celico v mehansko in optično enoten sklop. V splošnem gre za dva koncepta optične kompenzacije LC preklopnikov svetlobe:

- a. Kompenzacija kotne odvisnosti optično pozitivne dvolomnosti homeotropno orientirane plasti tekočega kristala v LC celici.
- b. Kompenzacija tako kotne odvisnosti optično pozitivne dvolomnosti homeotropno orientirane plasti tekočega kristala v LC celici kot tudi kotne odvisnosti pravokotno prekržanih polarizatorjev, ki skupaj s LC celico tvorita LC optični preklopnik.

Ad a. V večini primerov kompenzacija kotne odvisnosti optično pozitivne dvolomnosti homeotropno orientirane plasti tekočega kristala v LC celici 13 sama po sebi povsem zadošča tehničnim zahtevam. S tem se konstrukcija takega LC optičnega preklopnika, prikazanega na sliki 4, poenostavi. Kolikor zunanje plasti polarizacijskih filtrov lahko prenesejo mehanske obremenitve v ravnini x,y polarizacijskega filtra, ki nastanejo med zgoraj opisanim procesom polimerizacije (po izvedbenih primerih Aa in Ab) optično negativno-dvolomne plasti 3, je prednostno najprimernejša konstrukcija taka, da se najprej s standardnim izotropnim lepilom 17 poveže polarizator 15 in eno od zunanjih zaščitnih plasti 2, kot je na primer steklo ter LC celico 13, polarizator/analizator 12 in IR/UV reflektor 11 v dva samostojna sklopa. Na ta način dobljena sestavna elementa LC preklopnika se združi v enoto tako, da se ju po zgoraj opisanem postopku poveže s plastjo ustreznega polimera 3, kot je na primer kopolimer poliuretan-epoksi z aktivatorjem za UV svetlobo. Taka konstrukcija optičnega preklopnika je prikazana na sliki 4a.

Pri tem je treba natančno kontrolirati zunanje pogoje izdelave preklopnika v skladu z opisanim postopkom izdelave optično negativno-dvolomne polimerne plasti po izumu v smislu izvedbenih primerov Aa in Ab tako v smislu mehanske konstrukcije, ki mora zagotavljati točno določeno in kontrolirano debelino plasti, na primer 300  $\mu\text{m}$ , kot tudi polimerizacijske pogoje: temperaturni profil, postopek osvetljevanja z UV svetlobo tako, da se v polimeru 3 med polimerizacijo inducira optična negativna-dvolomnost,.... Z ustrezno izvedbo celotnega postopka, to je z mehкими distančniki ali večstopenjsko polimerizacijo, je mogoče doseči, da je glavna os tenzorja lomnega količnika orientirana pravokotno na plast. Če se istočasno zagotovi, da je njena optična debelina taka, da je vsota optične debeline, to je produkta dvolomnosti in debeline plasti ( $\Delta n_{\text{polimer}} \times d_{\text{polimer}}$ ), te plasti in optične debeline obeh polarizacijskih filtrov, ki imata lahko sama po sebi tudi rahle optično negativno-dvolomne lastnosti, enaka optični debelini homeotropno orientirane tekočekristalne plasti, to je produkta dvolomnosti in debeline plasti ( $\Delta n_{\text{LC}} \times d_{\text{LC}}$ ), je na ta način izpolnjen pogoj za kompenzacijo kotne odvisnosti kontrasta/atenuacije LC preklopnika. Poleg te

osnovne funkcije takšna plast tudi povezuje oba sestavna dela v mehansko in optično enoten sklop ter zagotavlja optični stik.

Če zunanje plasti polarizacijskih filtrov ne prenesejo mehanskih obremenitev v ravnini x-y polarizacijskega filtra, ki nastanejo med zgoraj opisanim procesom polimerizacije optično negativno-dvolomne plasti, je prednostno najprimernejša konstrukcija, prikazana na sliki 4b. V tem primeru se optično negativno-dvolomna kompenzacijska polimerna plast 3 formira med eno od površin LC celice 13 in dodatno, prednostno stekleno ploščo 18, ki predstavlja učinkovito zaščito za polarizator/analizator 15. Na tako izdelan sklop LC celice 13 in optično-negativno dvolomne polimerne plasti 3, ki se nahaja med eno od zunanjih stekel LC celice 13 in dodatno, prednostno stekleno ploščo 18, se na obe zunanji površini laminira prekrižana polarizatorja 12 in 15 s standardnim izotropnim lepilom 17, kot je slikonski gel ali podobno. Tak optični preklopnik ima pomembno boljše lastnosti od standardnega LC optičnega preklopnika.

Opcijsko je seveda mogoče oba polarizatorja povezati z LC celico z negativno-dvolomnim polimernim kompenzacijskim slojem po izumu namesto s standardnim optično izotropnim lepilom. V tem primeru seveda velja, da mora biti vsota optičnih debelin obeh polimernih plasti in optične debeline obeh polarizacijskih filtrov, ki imata lahko sama po sebi tudi rahle optično negativno-dvolomne lastnosti, enaka optični debelini homeotropno orientirane tekočerkristalne plasti, to je produkta dvolomnosti in debeline plasti ( $\Delta n_{LC} \times d_{LC}$ ), da je na ta način izpolnjen pogoj za kompenzacijo kotne odvisnosti kontrasta/atenuacije LC preklopnika.

Ad b. Konstrukcije kotno kompenziranega LC optičnega preklopnika, opisane v izvedbenem primeru a), rešujejo izključno problem kotno odvisne dvolomnosti plasti homeotropno orientiranih LC molekul, ne rešujejo pa problema kotne odvisnosti samih prekrižanih polarizatorjev, ki so sestavni del vsakega LC elektrooptičnega preklopnega elementa, ki deluje na principu električno kontrolirane optične dvolomnosti. Uporaba optično negativno dvolomne plasti, ki je predmet predlaganega izuma, omogoča optimalno izvedbo konstrukcije, ki istočasno zagotavlja tako kotno kompenzacijo dvolomnosti homeotropno orientiranih LC molekul, kot tudi kompenzacijo kotne odvisnosti prekrižanih polarizatorjev z uporabo dodatne  $\lambda/4$  ploščice. Glede na to, da so optične retardacijske plasti izrazito odvisne od valovne dolžine svetlobe, predstavlja zaščitni filter za varilce, ki zaradi dodatne zaščite oči pred UV in IR svetlobo potrebuje dodaten filter samo za

rumeno-zeleno svetlobo dolžine približno 550 nm, idealen primer za uporabo omenjenega principa kotne kompenzacije. Na sliki 5 je prikazana konstrukcija takega preklopnika, ki je večplastni laminat. Sestavljen je iz tankoplastnega IR/UV filtra 11, ki istočasno zagotavlja tako zaščito pred nevarnim IR in UV delom svetlobe, kot tudi selektivno prepušča svetlobo z valovno dolžino 550 nm, kakršna ustreza  $\lambda/4$  ploščici, dveh prekržanih polarizatorjev 12, 15, LC celice 13 v zaprtem stanju s homeotropno orientiranimi molekulami, ki ima optično pozitivno dvolomnost  $\Delta n_{LC}$  in debelino  $d_{LC}$ , polimerne plasti 3 z optično negativno-dvolomnostjo  $\Delta n_1$  in z debelino  $l$  ter z optično osjo, usmerjeno pravokotno na samo plast,  $\lambda/4$  ploščice 19 za svetlobo z valovno dolžino 550 nm z optično pozitivno dvolomnostjo, katere počasna os je usmerjena vzporedno s polarizacijsko prepustno osjo polarizatorja/analizatorja 15 in zaščitnega stekla 2. Osnovna ideja je, da se optična debelina ( $\Delta n_1 \times l$ ) polimerne negativno-dvolomne plasti 3 v tem primeru ne prilagaja neposredno optični debelini tekočerkristalne plasti kot v izvedbenem primeru Ba. V tem primeru je treba zagotoviti, da je debelina ( $l$ ) optično negativno-dvolomne plasti 3 polimernega optičnega lepila skupaj z negativno dvolomnostjo obeh polarizatorjev taka, da je razlika lomnih količnikov za redni in izredni žarek ( $\Delta n_1$ ) takšna, da je optična razlika poti za redni in izredni žarek ( $\Delta n_1 \times l$ ) manjša od razlike optičnih poti za redni in izredni žarek v LC celici 13 s homeotropno orientiranimi molekulami ( $\Delta n_{LC} \times d_{LC}$ ). Tako optično nekompenzirani del LC plasti 13 deluje kot optično pozitivno-dvolomna ploščica, katere optična os je pravokotna na os  $\lambda/4$  ploščice 19, optična razlika poti v tem delu plasti pa je taka, da skupaj z  $\lambda/4$  ploščico 19 zagotavlja kotno kompenzacijo obeh polarizatorjev 12, 15 LC svetlobnega preklopnika.

Prednostne konstrukcije so torej sledeče:

- Vsaj eden od polarizatorjev 12, 15 je namesto neposredno na LC celico z izotropnim kontaktnim lepilom laminiran na zunanjo zaščitno površino 2 preklopnika tako, da je vsaj med enim od polarizatorjev 12, 15 in vsaj eno od obeh mejnih površin LC preklopnika plast polimera 3. Polimer je polimeriziran po postopku v smislu izuma tako, da istočasno opravlja funkcijo povezovanja sestavnih delov preklopnika v funkcionalno enoto, hkrati pa zagotavlja kotno kompenzacijo LC optičnega preklopnika v stanju, v katerem so molekule homeotropno orientirane na mejne površine LC celice 13.
- Na eno od mejnih površin LC celice 13 je nanescena polimerna optično negativno-dvolomna plast 3, ki je ujeta med površino LC celice 13 in togo, prozorno, prednostno stekleno ploščo 18. Na obe mejni površini tako dobljenega sklopa sta laminirana z izotropnim optičnim lepilom



- 17 pravokotno prekrížana polarizatorja 12, 15, na katera sta prav tako z izotropnim optičnim lepilom 17 prilepljena zaščitno zunanje steklo 2 in IR/UV filter 11.
- Konstrukcija LC svetlobnega preklopnika z uporabo polimernega optično negativno-dvolomnega lepila 3 opcijsko vsebuje tudi dodatno optično negativno-dvolomno plast med polarizatorjem in LC celico. Debelina plasti 3 ustreza pogoju za  $\lambda/4$  ploščico 19 in katere počasna os je vzporedna s polarizacijsko (prepustno) osjo polarizatorja/analizatorja 15, pri čemer je debelina ( $l$ ) optično negativno-dvolomne plasti polimernega optičnega lepila 3 taka, da je razlika lomnih količnikov za redni in izredni žarek ( $\Delta n$ ) takšna, da je optična razlika poti za redni in izredni žarek ( $\Delta n_1 \times l$ ) manjša od razlike optičnih poti za redni in izredni žarek v LC celici s homeotropno orientiranimi molekulami ( $\Delta n_{LC} \times d_{LC}$ ). Tako z negativno-dvolomno plastjo polimernega optičnega lepila 3 in negativno optično dvolomnostjo polarizatorja 12 optično nekompenzirani del LC plasti v LC celici 13 deluje kot pozitivno-dvolomna ploščica, katere optična os je pravokotna na os  $\lambda/4$  ploščice 19, optična razlika poti v tem delu plasti pa je taka, da skupaj z  $\lambda/4$  ploščico 19 zagotavlja kotno kompenzacijo prekrížanosti obeh polarizatorjev LC svetlobnega preklopnika.
  - Konstrukcija LC svetlobnega preklopnika z uporabo polimernega optično negativno-dvolomnega lepila 3 alternativno opcijsko uporablja dodatno optično negativno-dvolomno plast med polarizatorjem in LC celico, katere debelina ustreza pogoju za  $\lambda/4$  ploščico 19 in katere hitra os je vzporedna s polarizacijsko osjo polarizatorja/analizatorja 15. Debelina ( $l$ ) negativno dvolomne plasti polimernega optičnega lepila 3 je v tem primeru taka, da je razlika optičnih poti za redni in izredni žarek ( $\Delta n_1 \times l$ ) večja od razlike optičnih poti za redni in izredni žarek v LC celici 13 s homeotropno orientiranimi molekulami ( $\Delta n_{LC} \times d_{LC}$ ) tako, da z LC plastjo in negativno dvolomnostjo polarizatorja 12 optično nekompenzirani del negativno-dvolomne plasti optičnega lepila 3 deluje kot negativno-dvolomna ploščica, katere optična os je pravokotna na os  $\lambda/4$  ploščice 19, optična razlika poti v tem delu plasti pa je taka, da skupaj z  $\lambda/4$  ploščico 19 zagotavlja kotno kompenzacijo prekrížanosti obeh polarizatorjev 12, 15 LC svetlobnega preklopnika.

Treba je poudariti, da opisani izvedbeni primeri predstavljajo le nekatere od možnih izvedb predlaganega izuma. Vsekakor so v okviru tega izuma možne različne spremembe in variacije, na primer uporaba  $\lambda/4$  ploščice z negativno optično dvolomnostjo, uporaba dodatne steklene plošče, ki mehansko loči/zaščiti polarizator oziroma  $\lambda/4$  ploščico od optično negativno-dvolomne polimerne kompenzacijske plasti 3 in podobno.

*fudae 2017*

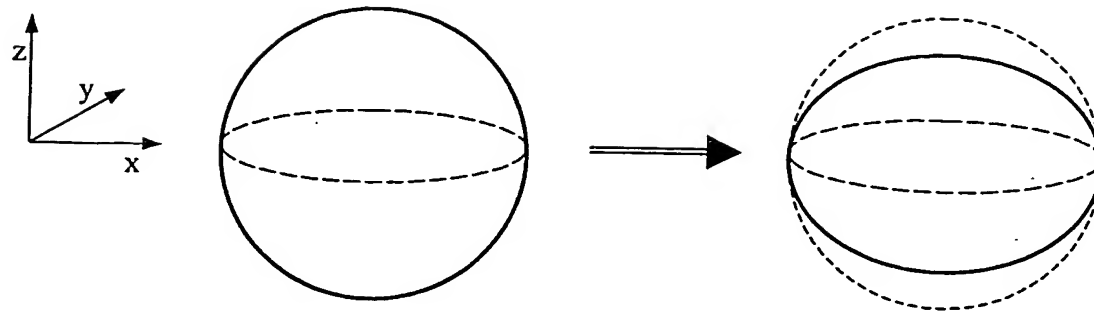
## PATENTNI ZAHTEVKI

1. Postopek izdelave optične kompenzacijske polimerne plasti za LC optične preklopnike, ki ima optično os pravokotno na svojo površino, označen s tem, da izkorišča mehanske napetosti, ki nastanejo zaradi krčenja polimera med polimerizacijskim procesom ob stiku z vsaj eno togo mejno površino, prednostno pa med dvema togima mejnima površinama tako, da se monomerna ali predpolimerna masa nalije kot plast med dve togi površini, ki sta med seboj ločeni z mehкими distančniki, ki se pod pritiskom, ki se pojavi v plasti zaradi krčenja med procesom polimerizacije, lahko deformirajo tako, da so mehanske napetosti v smeri pravokotno na površino znatno manjše kot v ravnini polimerne plasti ali da se monomerna ali predpolimerina masa nalije med dve togi površini, ločenimi z trdimi distančniki in polimerizacijski proces predpolimerne mase poteka ob stiku z dvema togima mejnima površinama najprej do stopnje, ko viskoznost mase naraste do te mere, da ne izteka, nakar se trdi distančniki umaknejo in se polimerizacijski proces izvede do konca tako, da se polimerna plast med nadaljnim procesom polimerizacije lahko neovirano krči v smeri pravokotno na plast.
2. Postopek izdelave kompenzacijske polimerne plasti za LC optične preklopnike po zahtevku 1, označen s tem, da polimerizacija poteka termično aktivirano pri temperaturi, ki je nekoliko nižja od steklastega faznega prehoda polimera in da je kasneje po potrebi mogoče doseženo optično dvolomnost polimera ustrezno, kontrolirano zmanjšati s ponovnim segrevanjem v bližino temperature steklastega faznega prehoda polimera.
3. Postopek izdelave kompenzacijske polimerne plasti za LC optične preklopnike po zahtevku 1 označen s tem, da je polimerizacija vsaj v začetku aktivirana z UV svetlobo.
4. Postopek izdelave kompenzacijske polimerne plasti za LC optične preklopnike po zahtevkih 1 in 3 označen s tem, da polimerizacija poteka pri povišani temperaturi, ki je nižja od temperature steklastega faznega prehoda uporabljanega polimera.
5. Postopek izdelave kompenzacijske polimerne plasti za LCD optične preklopnike po zahtevkih 1, 3 in 4 označen s tem, da aktivacija polimerizacije z UV svetlobo (6) poteka v dveh stopnjah tako, da v prvi stopnji, ko je debelina plasti določena s trdimi distančniki (5), poteče le do stopnje, ko povečana viskoznost stabilizira debelino plasti (3) do take mere, da je mogoče trde distančnike (5) odstraniti in nato v naslednji fazi UV aktivirane polimerizacije omogočiti, da

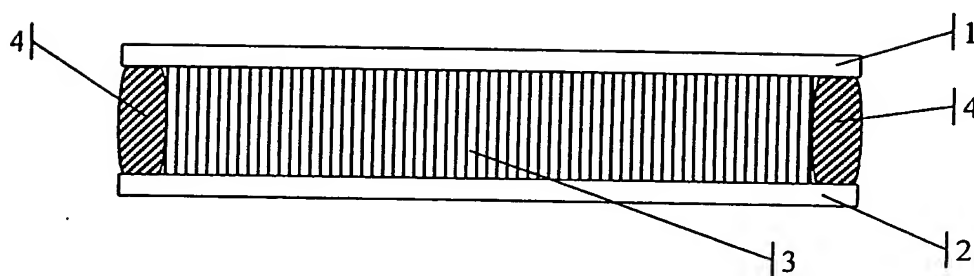
- polimerizacija poteka skoraj brez mehanskih napetosti v smeri pravokotno na kompenzacijsko polimerno plast (3).
6. Konstrukcija LC svetlobnega preklopnika, označena s tem, da je vsaj eden od polarizatorjev (12, 15) z izotropnim kontaktnim lepilom namesto na LC celico (13) neposredno laminiran na zunanjo zaščitno površino (2) preklopnika tako, da je vsaj med enim od polarizatorjev (12, 15) in vsaj eno od obeh mejnih površin LC preklopnika plast polimera (3), polimeriziranega po postopku v smislu izuma tako, da istočasno opravlja funkcijo povezovanja sestavnih delov preklopnika v funkcionalno enoto, hkrati pa zagotavlja kotno kompenzacijo LC optičnega preklopnika v stanju, v katerem so molekule homeotropno orientirane na mejne površine LC celice (13).
  7. Konstrukcija LC optičnega preklopnika, označena s tem, da je na eno od mejnih površin LC celice (13) nanescena polimerna optično negativno-dvolomna plast (3), ki je ujeta med površino LC celice (13) in togo, prozorno, prednostno stekleno ploščo (18), ter da sta na obe mejni površini tako dobljenega sklopa laminirana z izotropnim optičnim lepilom (17) pravokotno prekržana polarizatorja (12, 15), na katera sta prav tako z izotropnim optičnim lepilom (17) prilepljena zaščitno zunanje steklo (2) in IR/UV filter (11).
  8. Konstrukcija LC svetlobnega preklopnika z uporabo polimernega, optično negativno-dvolomnega lepila (3) in dodatne optično pozitivno-dvolomne plasti med enim od polarizatorjev in LC celico, katere debelina ustreza pogoju za  $\lambda/4$  ploščico (19) za izbrano spektralno področje uporabe LC optičnega preklopnika in katere počasna os je vzporedna s polarizacijsko (prepustno) osjo polarizatorja/analizatorja (15), označena s tem, da uporablja dodaten svetlobni barvni filter (11), ki prednostno selektivno odbija/absorbira IR/UV svetlobo ter hkrati dodatno omejuje amplitudo prepuščene vidne svetlobe samo na spektralno področje največje občutljivosti človeškega očesa in je debelina (l) negativno-dvolomne plasti polimernega optičnega lepila (3) taka, da je razlika lomnih količnikov za redni in izredni žarek ( $\Delta n$ ) takšna, da je optična razlika poti za redni in izredni žarek ( $\Delta n_l \times l$ ) manjša od razlike optičnih poti za redni in izredni žarek v LC celici s homeotropno orientiranimi molekulami ( $\Delta n_{LC} \times d_{LC}$ ) tako, da z negativno-dvolomno plastjo polimernega optičnega lepila (3) in optično negativno dvolomnostjo polarizatorja (12) optično nekompenzirani del LC plasti v LC celici (13) deluje kot optično pozitivno-dvolomna ploščica, katere optična os je pravokotna na os  $\lambda/4$  ploščice (19), optična razlika poti v tem delu plasti pa je taka, da skupaj z  $\lambda/4$  ploščico (19) zagotavlja kotno kompenzacijo prekržanosti obeh polarizatorjev LC svetlobnega preklopnika.

9. Konstrukcija LC svetlobnega preklopnika z uporabo polimernega optično negativno-dvolomnega lepila (3) in dodatne optično negativno-dvolomne plasti med polarizatorjem in LC celico, katere debelina ustreza pogoju za  $\lambda/4$  ploščico (19) za izbrano spektralno področje uporabe LC optičnega preklopnika in katere počasna os je vzporedna s polarizacijsko (prepustno) osjo polarizatorja/analizatorja (15), označena s tem, da uporablja dodaten svetlobni barvni filter (11), ki prednostno selektivno odbija/absorbira IR/UV svetlobo ter hkrati dodatno omejuje amplitudo prepuščene vidne svetlobe samo na spektralno področje največje občutljivosti človeškega očesa in je debelina (l) optično negativno dvolomne plasti polimernega optičnega lepila taka, da je razlika optičnih poti za redni in izredni žarek ( $\Delta n_l \times l$ ) večja od razlike optičnih poti za redni in izredni žarek v LC celici (13) s homeotropno orientiranimi molekulami ( $\Delta n_{LC} \times d_{LC}$ ) tako, da z LC plastjo in optično negativno dvolomnostjo polarizatorja (12) optično nekompenzirani del negativno-dvolomne plasti optičnega lepila (3) deluje kot negativno-dvolomna ploščica, katere optična os je pravokotna na os  $\lambda/4$  ploščice (19), optična razlika poti v tem delu plasti pa je taka, da skupaj z  $\lambda/4$  ploščico (19) zagotavlja kotno kompenzacijo "prekrižanosti" obeh polarizatorjev (12, 55) LC svetlobnega preklopnika.

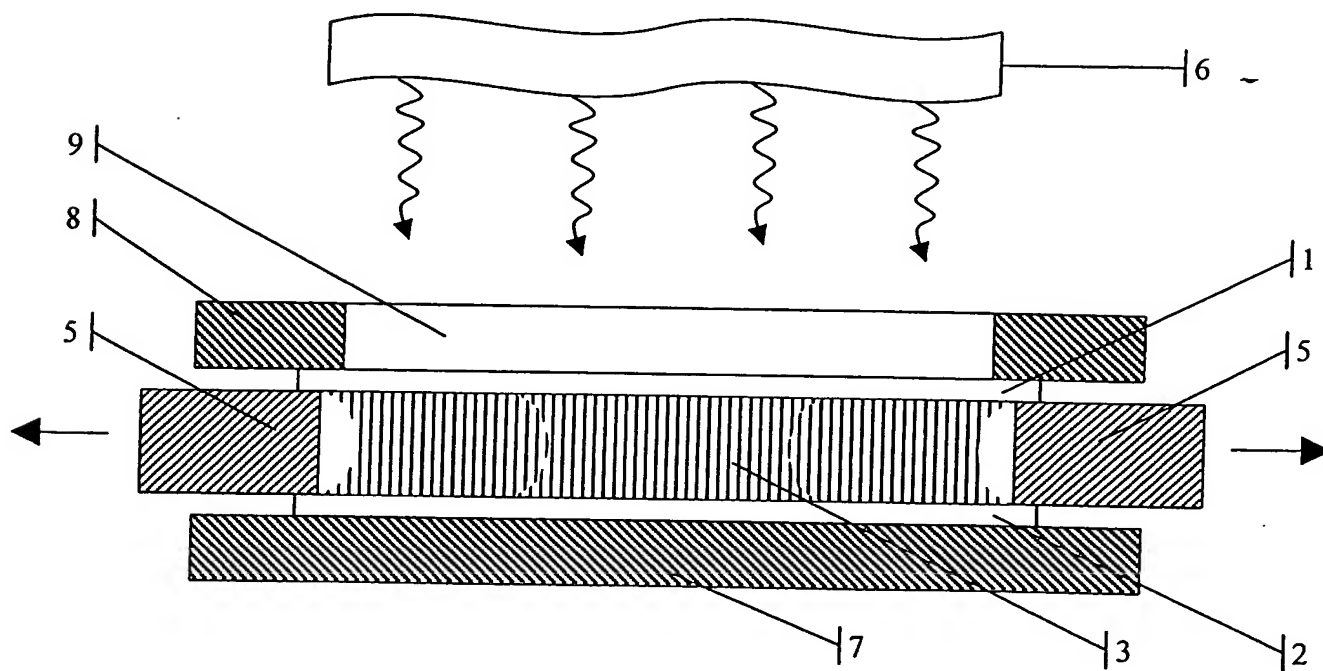
*fuad 28/2*



Slika 1.

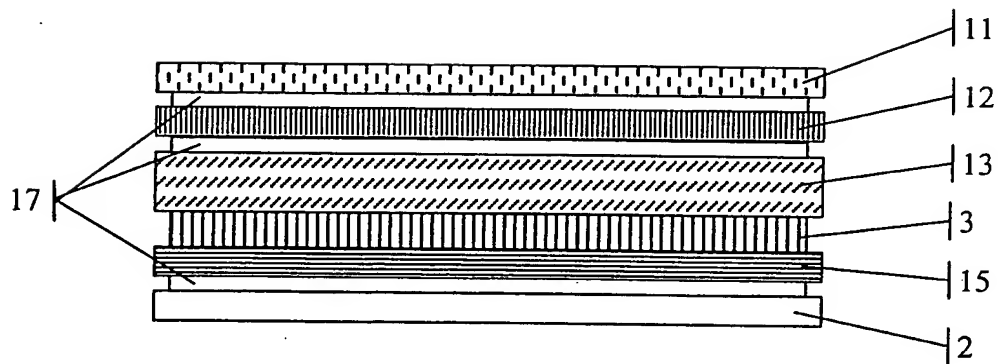


Slika 2.

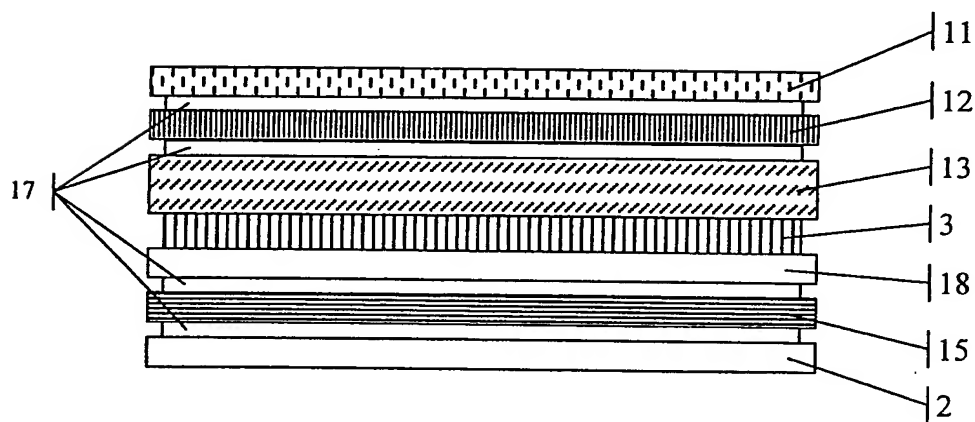


Slika 3.

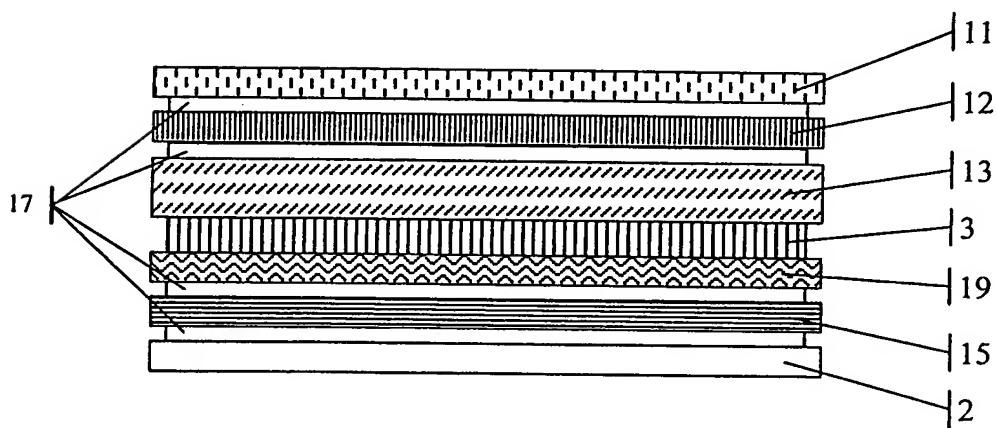
*Handwritten signature*



Slika 4a.



Slika 4b.



Slika 5.

*Andre JBV*

## **IZVLEČEK**

### **Postopek izdelave kompenzacijske polimerne plasti za LCD optične preklopnike in konstrukcija takega preklopnika**

Predlagani patent rešuje tehnični problem kompenzacije kotne odvisnosti kontrasta pri optičnih napravah s tekočerkristalnimi zasloni (LC optičnih svetlobnih preklopnikih, ki delujejo na principu električno kontrolirane optične dvolomnosti) s pomočjo kompenzacijske plasti z negativno optično dvolomnostjo, ki omogoča optično kompenzacijo kotne odvisnosti dvolomnosti LC plasti v stanju, v katerem so LC molekule homeotronno urejene (tipično optično pozitivna dvolomnost). Postopek izdelave optično negativno-dvolomne kompenzacijske plasti je zasnovan na nadzorovani spontani deformaciji molekul polimera med procesom polimerizacije. Postopek izdelave je mogoč z uporabo znanih in dobro obvladovanih tehnoloških postopkov in omogoča masovno proizvodnjo kompenzacijskih plasti. Patent rešuje tako postopek izdelave kompenzacijske plasti s potrebno optično negativno-dvolomnostjo kot tudi konstrukcijo/postopek izdelave optičnega svetlobnega preklopnika, ki uporablja tak kompenzacijski film.

